

с данными Коши // Неклассические уравнения математической физики. Сб. науч. статей. – Новосибирск: Изд. Института мат., 2012. – С. 262–279.

5. Belov Yu. Ya. *Inverse problems for partial differential equations*. – Utrecht, VSP, 2002.

М. К. Сагдатуллин

*Казанский национальный исследовательский
технологический университет,
ssmarat@mail.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ НОВОГО КЭ ДЛЯ РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Целью настоящей работы является разработка методики построения изопараметрического трехмерного конечного элемента (КЭ) сплошной среды, приспособленного для расчета оболочек средней толщины при однослойной аппроксимации по толщине. Обычно в подобных элементах узлы располагаются на срединной поверхности и в качестве степеней свободы кроме проекций вектора перемещений используют и углы поворота нормального волокна. Некоторый обзор таких КЭ приведен в [1] – [3]. Обычно эти элементы демонстрируют хорошую точность и достаточно эффективны в расчетах оболочек малой и средней толщины, однако их использование весьма затруднительно при моделировании сопряжений оболочек с массивными телами, так как необходимо выражать узловые перемещения трехмерных элементов через углы поворота оболочечных КЭ. В этом случае приходится использовать специальные процедуры (введение специальных множителей Лагранжа, использование метода штрафа и построение семейства специальных

переходных конечных элементов) для стыковки трехмерных конечных элементов и элементов оболочек в единую расчетную модель или строить специальные трехмерные конечные элементы сплошной среды, включающие в качестве степеней свободы еще и углы поворота. Поэтому получили распространение специальные элементы оболочек, которые имеют в качестве узловых степеней свободы перемещения узлов, расположенных на лицевых поверхностях. Примеры подобных КЭ и их использования описаны в работах [3 – 5].

В предлагаемом конечном элементе вводятся изопараметрические аппроксимации геометрии и неизвестные компоненты перемещений. Узловые точки располагаются в вершинах элемента, в локальных координатах представляющего собой куб. По толщине используется линейная аппроксимация, что эквивалентно введению кинематической гипотезы о линейном распределении перемещений по толщине с учетом обжатия оболочки.

Вариация потенциальной энергии деформации (работа внутренних напряжений на возможных деформациях) вычисляется численно по квадратурной формуле Гаусса-Лежандра (два узла по каждому координатному направлению). В каждом квадратурном узле вводится статическая гипотеза, обычно используемая для оболочек средней толщины, об отсутствии влияния поперечного напряжения на мембранные, изгибные и деформации поперечного сдвига.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адысова Н. М., Капустин С. А., Яблонко Л. С. *Некоторые вопросы расчета нелинейных составных конструкций. Прикладные проблемы прочности и пластичности.* – Горький, 1975. – Вып. 1. – С. 124–135.

2. Голованов А. И., Сагдатуллин М. К. *Трёхмерный конечный элемент для расчета тонкостенных конструкций* // Ученые записки Казанск. гос. ун-та. Серия физ.-мат. наук. – Казань, 2009. – Т. 151. – Кн. 3. – С. 121–129.

3. Савула Я. Г., Дыяк И. И. *Применение комбинированной модели для расчета напряженно-деформированного состояния пространственных конструкций* // Прикладная механика. – 1989. – Т. 25. – № 9. – С. 62–67.

4. Karan S., Surana. *Transition finite elements for three-dimensional stress analysis* // Int. J. Numer. Meth. Eng. – 1980. – V. 15. – No 7. – С. 991–1020.

5. Karan S., Surana. *Three dimensional solid-shell transition finite elements for heat conduction* // Comput. and Struct. – 1987. – V. 26. – No 6. – С. 941–950.

А. А. Саламатин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Arthouse131@rambler.ru*

ОПТИМАЛЬНАЯ УПАКОВКА ЧАСТИЦ В ПРОЦЕССЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЕ СВОЙСТВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ СУЖАЮЩЕГОСЯ ЯДРА

В последнее время сверхкритическая флюидная экстракция (СФЭ) привлекает все больший интерес как более дешевый и экологически менее вредный способ добычи ценных фракций масла из молотого растительного сырья. Все более актуальными становятся вопросы оптимизации процесса СФЭ.